

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-144280

(43)公開日 平成6年(1994)5月24日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

### 技術表示箇所

B 6 2 D 6/00

9034-3D

5/04

8609-3D

// B 6 2D 101:00

117:00

119:00

審査請求 未請求 請求項の数 7 (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平4-327249

(22)出願日 平成4年(1992)11月11日

(71)出願人 000002945

オムロン株式会社

京都府京都市右京区花園土堂町10番地

(72)発明者 植野 弘

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ  
ムロン株式会社内

(72) 發明者 東 浩一

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ  
ムロン株式会社内

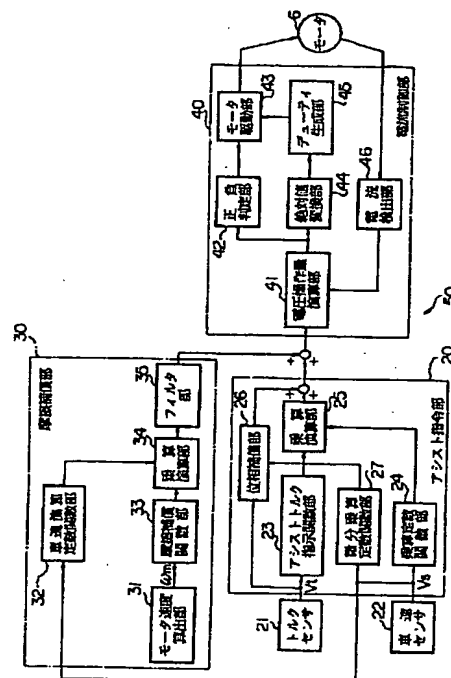
(74)代理人 弁理士 鹿嶋 英實

(54)【発明の名称】 電動式パワーステアリング装置

(57) 【要約】

【目的】 どのような手放し舵角からでも良好なハンド  
ル戻り特性を得て、操舵フィーリングを向上させる。

【構成】 モータ６の回転方向に基づき、摩擦補償部３０によってモータ６の回転方向に応じた摩擦補償値を算出し、この摩擦補償値をアシスト指令部２０のアシスト指令に加算して得られた指令信号によってモータ６の駆動を制御する。これにより、操舵系およびタイヤ路面間の摩擦を補償し、ハンドル手放し舵角が変化した場合でも、低車速時のハンドル戻り特性を十分に改善する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 操舵系に連結され、操舵補助トルクを発生する操舵補助モータと、  
操舵系の操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、  
車速を検出する車速検出手段と、  
前記操舵トルク検出手段および車速検出手段の出力に基づいてアシスト指令を作成し、このアシスト指令により前記モータの駆動を制御する制御手段と、を備えた電動式パワーステアリング装置において、  
前記モータの回転方向に基づく摩擦補償値を算出する摩擦補償手段を設け、  
前記制御手段は、前記アシスト指令に該摩擦補償値を加算して得られた指令信号によって前記モータの駆動を制御することを特徴とする電動式パワーステアリング装置。

【請求項2】 前記摩擦補償値は、ローパスフィルタを介して前記アシスト指令に加算するようにしたことを特徴とする請求項1記載の電動式パワーステアリング装置。

【請求項3】 前記操舵系の操舵状態を検出する操舵状態検出手段を設け、  
前記摩擦補償値を、該操舵状態検出手段の出力に応じて補正することを特徴とする請求項1記載の電動式パワーステアリング装置。

【請求項4】 前記摩擦補償値は、ローパスフィルタを介して前記アシスト指令に加算するようにしたことを特徴とする請求項3記載の電動式パワーステアリング装置。

【請求項5】 操舵系に連結され、操舵補助トルクを発生する操舵補助モータと、  
操舵系の操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、  
車速を検出する車速検出手段と、  
前記操舵トルク検出手段および車速検出手段の出力に基づいてアシスト指令を作成し、このアシスト指令により前記モータの駆動を制御する制御手段と、を備えた電動式パワーステアリング装置において、  
前記モータの回転方向に基づく該モータの摩擦を制御する摩擦補償値を算出する摩擦補償手段と、  
前記モータの回転方向に基づく該モータの粘性を制御する粘性補償値を算出する粘性補償手段とを設け、  
前記制御手段は、前記アシスト指令に該摩擦補償値および粘性補償値を加算して得られた指令信号によって前記モータの駆動を制御することを特徴とする電動式パワーステアリング装置。

【請求項6】 前記摩擦補償値を、車速に応じて変化させ、低車速のときに大きくするようにしたことを特徴とする請求項1記載の電動式パワーステアリング装置。

【請求項7】 前記粘性補償値指令信号の出力時期を、前記摩擦補償値指令信号の出力時期に対して遅延させる遅延手段を設けたことを特徴とする請求項5記載の電動

2

式パワーステアリング装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、車両に用いて好適な電動式パワーステアリング装置に係わり、詳しくは操舵補助モータの回転出力によって操舵力を補助するパワーステアリング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、車両のパワーステアリング装置として油圧式に代えてモータを用いた電動式のものが使用されており、モータはアクチュエータとして小型、軽量等の利点から今後とも増加傾向にある。

【0003】 従来のパワーステアリング装置では、トルクセンサによって操舵系の操舵トルクを検出するとともに、車速センサによって車速を検出し、これらの検出結果に基づいて操舵系に連結されたモータの駆動を制御し、パワーアシストを行っている。そして、一般的には車速感応型であり、低速域では軽く、高速域では重くなるようにトルクセンサ入力に応じてアシスト力を制御している。

【0004】 ところで、上記従来装置では、アシスト用モータのトルクをギヤで減速してラック軸等に伝達する構成であるため、アシスト用モータの慣性モーメントがあたかも大きくなったように作用し、またギヤのフリクションが影響して高車速時の収斂性が悪化したり、低車速時のハンドル戻りが悪化するという不具合があった。

【0005】 そのため、かかる不具合を解消するために、本出願人により、舵角速度に応じた粘性指令値（例えば、高車速時に粘性を付加し、低車速時に粘性を打ち消す）を加える装置が考えられている（特開平3-178868号公報参照）。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような改良の従来装置にあっては、舵角速度に応じて粘性を制御する構成になっていたため、低車速時のハンドル戻り特性を改善することはできるが、手放し舵角が変化した場合に十分な特性改善を図ることができなかった。例えば、手放し舵角360°で十分な戻り特性が得られても、180°ではあまり戻り特性を改善できない。その結果、操舵フィーリングが低下していた。

【0007】 また、操舵速度の大きさによってモータの発生するトルクを直接変化させる構成であったため、低価格化を図るために操舵速度をモータ電流およびモータ電圧から推定し、センサを設けない場合などには操舵速度の推定誤差が直接に戻り特性の変動に影響を与えるという問題点があった。

【0008】 そこで本発明は、操舵回転方向（モータ回転方向）に基づく摩擦補償を行うことにより、どのような手放し舵角からでも良好なハンドル戻り特性が得られ、操舵フィーリングを向上できる電動式パワーステア

リング装置を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1記載の発明による電動式パワーステアリング装置は、操舵系に連結され、操舵補助トルクを発生する操舵補助モータと、操舵系の操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、車速を検出する車速検出手段と、前記操舵トルク検出手段および車速検出手段の出力に基づいてアシスト指令を作成し、このアシスト指令により前記モータの駆動を制御する制御手段と、を備えた電動式パワーステアリング装置において、前記モータの回転方向に基づく摩擦補償値を算出する摩擦補償手段を設け、前記制御手段は、前記アシスト指令に該摩擦補償値を加算して得られた指令信号によって前記モータの駆動を制御することを特徴とする。

【0010】また、好ましい態様として、前記摩擦補償値は、ローパスフィルタを介して前記アシスト指令に加算するようにしたことを特徴とする。

【0011】前記操舵系の操舵状態を検出する操舵状態検出手段を設け、前記摩擦補償値を、該操舵状態検出手段の出力に応じて補正することを特徴とする。この場合も、前記摩擦補償値は、ローパスフィルタを介して前記アシスト指令に加算するようにするとよい。

【0012】請求項5記載の電動式パワーステアリング装置は、操舵系に連結され、操舵補助トルクを発生する操舵補助モータと、操舵系の操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、車速を検出する車速検出手段と、前記操舵トルク検出手段および車速検出手段の出力に基づいてアシスト指令を作成し、このアシスト指令により前記モータの駆動を制御する制御手段と、を備えた電動式パワーステアリング装置において、前記モータの回転方向に基づく該モータの摩擦を制御する摩擦補償値を算出する摩擦補償手段と、前記モータの回転方向に基づく該モータの粘性を制御する粘性補償値を算出する粘性補償手段とを設け、前記制御手段は、前記アシスト指令に該摩擦補償値および粘性補償値を加算して得られた指令信号によって前記モータの駆動を制御することを特徴とする。

【0013】また、好ましい態様として、前記摩擦補償値を、車速に応じて変化させ、低車速のときに大きくするようにしたことを特徴とする。

【0014】前記粘性補償値指令信号の出力時期を、前記摩擦補償値指令信号の出力時期に対して遅延させる遅延手段を設けたことを特徴とする。

【0015】

【作用】本発明では、モータの回転方向に基づき、モータの回転方向に応じた摩擦補償値が算出され、この摩擦補償値をアシスト指令に加算して得られた指令信号によってモータの駆動が制御される。したがって、操舵系およびタイヤ路面間の摩擦を補償することができ、ハン

ドル手放し舵角が変化した場合でも、低車速時のハンドル戻り特性が十分に改善される。また、操舵速度の大きさによってモータ電流（モータの発生するトルク）が直接変化するため、例えば操舵速度をモータ電流およびモータ電圧から推定し、センサを設けない場合などでも、操舵速度の推定誤差が直接に戻り特性の変動に影響することがなく、常に安定した操舵特性を得ることができ

【0016】

10 【実施例】以下、本発明を図面に基づいて説明する。図1～図5は本発明に係る電動式パワーステアリング装置の第1実施例を示す図である。図1は本装置の全体を機能的に示すブロック図である。図2はこのパワーステアリング装置が適用されるステアリング機械系の一例を示す構成図である。

【0017】まず、図2に示すパワーステアリング機械系について説明しておく。図2において、操舵ハンドル1の回転力はハンドル軸を介してピニオンギアを含むステアリングギア2に伝達されるとともに、上記ピニオンギアによりラック軸3に伝達され、さらにナックルアーム等を経て車輪4が転向される。

【0018】また、コントロール装置5により制御駆動される操舵補助モータ（DCモータ）6の回転力はピニオンギアを含むステアリングギア7とラック軸3との噛み合いによりラック軸3に伝達され、ハンドル1による操舵を補助することになる。ハンドル1とモータ6の回転軸はギア2、7およびラック軸3により機械的に連結されている。

【0019】一方、後述の操舵トルクセンサ21（図1参照）により、操舵トルク（戻りトルク）が検出され、車速センサ22（図1参照）より車速が検出される。そして、これらの検出トルク、車速等に基づきコントロール装置5によってモータ6が制御される。コントロール装置5およびモータ6には車両に搭載されたバッテリー8から、その動作電力が供給される。

【0020】コントロール装置5は電流検出器、電圧検出器等の検出器、モータ6を駆動する駆動回路、モータ6の全体的な制御を統括するコンピュータ（CPU、例えばマイクロプロセッサ）、メモリ、コンピュータと上記入力/出力機器とのインターフェース回路等から構成されている。

【0021】次に、図1はコントロール装置5に内蔵されたコンピュータの各種機能をブロック的に、他の入/出力機器、各種回路を示すブロックとともに、描いたものである。この図において、アシスト指令部20にはトルクセンサ（操舵トルク検出手段）21の検出トルク $V_r$ と車速センサ（車速検出手段）22の検出車速 $V_s$ とが与えられる。アシスト指令部20内のアシストトルク値指示関数部23は検出トルク $V_r$ に応じてモータ6によって発生すべきアシストトルクを表す指令値を出力す

る。

【0022】また、乗算定数関数部24は検出車速 $V_s$ に応じて定数を発生し、この定数が乗算演算部25において上記アシストトルク指令値に乘じられる。この結果、乗算演算部25から出力されるアシストトルク値（又はモータ電流指令値）は図3に示すように、検出トルク $V_r$ と検出車速 $V_s$ によって定められた値となる。

【0023】図3は、操舵トルク $V_r$ に応じて、一定範囲の操舵トルク $V_r$ に対してはこれにほぼ比例するモータ電流が流れ（アシストトルクが発生し）、上記範囲を超えると、ある一定のモータ電流が流れる（アシストトルクが発生する）ように、また車速 $V_s$ に応じて、車速 $V_s$ が速いときにはモータ電流（アシストトルク）を少なくし、車速 $V_s$ が遅いときにはモータ電流（アシストトルク）を多くするように、モータ6を制御するためのアシスト指令が発生することを表している。

【0024】一方、検出トルク $V_r$ は位相補償部26にも与えられる。この位相補償部26においては検出トルク $V_r$ の微分値が計算され、微分乗算定数関数部27で発生した車速 $V_s$ に応じた定数をその微分値に乗算した信号を出力する。そして、位相補償部26の出力が乗算演算部25の出力に加算されることにより、アシスト指令部20の出力（基準電流指令値）となって電流制御部40に供給される。また、この基準電流指令値には後述する摩擦補償のための指令値が加算された後、目標電流指令値として電流制御部40に与えられる。電流制御部40はその全部をハードウェアの回路で構成してもよいし、その一部をコンピュータ・ソフトウェアで実現することもできる。

【0025】電流制御部40は、例えば4個のスイッチング素子を含むHブリッジ駆動法に従うPWM（Pulse Width Modulation）パルスを用いたチョップ動作によってモータ6を駆動制御するもので、電流フィードバック制御を行う。すなわち、電機子電流検出部46によってモータ6の電機子電流 $i_a$ が検出され、電流偏差演算部41において与えられた目標電流指令値と検出電流 $i_a$ との偏差が演算される。この偏差の絶対値が絶対値変換部44で得られ、この絶対値に基づきデューティ生成部45でPWMパルスのデューティ比が決定される。

【0026】一方、上記偏差の極性（正又は負）が正負判別部42で判別され、生成されたデューティ比と判別された極性はモータ駆動部43に与えられ、モータ駆動部43はこれらの値に基づいてHブリッジ型に配線された4個のスイッチング素子をオン／オフ制御してモータ6を駆動する。

【0027】上記は電流フィードバックP（比例）制御の場合を示したものであるが、他にもPI（比例・積分）制御、PID（比例・積分・微分）制御などによるフィードバック制御の方法がある。また、電流制御部40に対する外乱を推定し、その外乱をフィードフォワード

ドする方式の電流制御法を用いてもよい。

【0028】一方、前述した車速センサ22の出力は摩擦補償部30に入力されており、摩擦補償部（摩擦補償手段）30はモータ速度算出部31、車速演算定数関数部32、摩擦補償関数部33、乗算演算部34およびフィルタ部35によって構成されている。モータ速度算出部31はモータ速度 $\omega_m$ を検出し、このモータ速度 $\omega_m$ に応じて図4に示すように摩擦補償関数部33の出力が決定される。なお、ここでのモータ速度 $\omega_m$ の算出は、例えばモータの電流および電圧などから推定してもよいし、あるいはエンコーダやタコジェネレータなどの速度検出器を用いてもよい。

【0029】また、車速演算定数関数部32は車速 $V_s$ によって図5に示すように決定される車速演算定数を演算し、乗算演算部34に出力する。乗算演算部34は摩擦補償関数部33の出力に対して車速演算定数関数部32によって決定された車速演算定数を乗算してフィルタ部35に出力し、フィルタ部35は乗算演算部34の出力をローパスフィルタに通過させて摩擦補償部30の出力が決定される。この摩擦補償部30の出力はアシスト指令部20の出力（基準電流指令値）に加算され、電流目標値として電流制御部40に供給される。上記アシスト指令部20および電流制御部40は制御手段50を構成する。

【0030】次に、本装置の作用を説明する。まず、トルクセンサ21により操舵系の操舵トルク $V_r$ が検出されるとともに、車速センサ22によって車速 $V_s$ が検出され、これらの検出結果に基づいて操舵系に連結されたモータ6の駆動が制御されて、パワーアシストが行われる。この制御では、一般的な車速感応型の制御、すなわち、低速域では軽く、高速域では重くなるように操舵トルク $V_r$ に応じてアシスト力が制御される。

【0031】一方、摩擦補償部30では、モータ6の回転方向に基づき、モータ6の回転方向に応じた摩擦補償値が算出され、この摩擦補償値をアシスト指令に加算して得られた指令信号によってモータ6の駆動が制御される。したがって、操舵系およびタイヤ路面間の摩擦を補償することができ、ハンドル手放し舵角が変化した場合でも、低車速時のハンドル戻り特性を十分に改善することができる。例えば、手放し舵角 $360^\circ$ で十分な戻り特性を得ることができ、手放し舵角 $180^\circ$ においても十分に戻り特性を改善することができる。つまり、どのような手放し舵角からでも良好なハンドル戻り特性を得ることができ、操舵フィーリングを向上させることができる。

【0032】また、操舵速度の大きさによってモータ電流（モータ6の発生するトルク）を直接変化させる構成になっているため、例えば操舵速度をモータ電流およびモータ電圧から推定し、センサを設けない場合であっても、操舵速度の推定誤差が直接に戻り特性の変動に影響

することがなく、常に安定した操舵特性を得ることができる。

【0033】さらに、本実施例では、算出した摩擦補償値をさらにフィルタ部35によりローパスフィルタを通過させて摩擦補償部30の出力として決定しているので、摩擦補償値の急激な変化がなく、違和感のない良好な操舵フィーリングを得ることができる。

【0034】次に、本発明の第2実施例について説明する。第2実施例は操舵状態検出手段を設けたものである。図6は第2実施例におけるパワーステアリング装置の全体を機能的に示すブロック図である。図6の説明に当たり、前述した図1と同一構成部分には同一番号を付して重複説明を省略する。

【0035】図6において、60は摩擦補償部（摩擦補償手段に相当）であり、摩擦補償部60はモータ速度算出部31、車速演算定数関数部32、操舵状態検出手段62、摩擦補償関数部63、乗算演算部64およびフィルタ部35によって構成されている。操舵状態検出手段62はトルクセンサ21からの検出トルク $V_t$ およびモータ速度算出部31からのモータ速度 $\omega_m$ に基づいて操舵状態を検出し、検出結果を摩擦補償関数部63に出力する。したがって、摩擦補償関数部63の出力はモータ速度 $\omega_m$ に基づいて決定され、操舵状態に応じて変化する。

【0036】乗算演算部64は摩擦補償関数部63の出力に対して車速演算定数関数部32によって決定された車速演算定数を乗算してフィルタ部35に出力し、フィルタ部35は乗算演算部64の出力をローパスフィルタに通過させて摩擦補償部60の出力が決定される。この摩擦補償部60の出力はアシスト指令部20の出力（基準電流指令値）に加算され、電流目標値として電流制御部40に供給される。

【0037】ここで、操舵状態検出手段62における操舵状態の検出には、いろいろな方法が考えられるが、例えば一例としてトルク $V_t$ とモータ速度 $\omega_m$ の2つを入力パラメータとしてファジー推論によって検出する方法を示す。図7は操舵状態検出における前件部のメンバーシップ関数で、トルク $V_t$ を入力パラメータとするもの、図8は同じく前件部のメンバーシップ関数で、モータ速度 $\omega_m$ を入力パラメータとするものである。図9は後件部におけるファジー出力であり、シングルトーン位置で表したメンバーシップ関数で、操舵状態を出力値として示す。

【0038】なお、各メンバーシップ関数におけるラベルの意味は、次の通りである。

PL: Positive Large (正方向に大きい)

PS: Positive Small (正方向に小さい)

ZR: ゼロ (中立)

NS: Negative Small (負方向に小さい)

NL: Negative Large (負方向に大きい)

【0039】ファジールールは図10のように示され、式を用いて表すと、次のようになる。ルールはいわゆるIF、THEN (もし、ならば) の形式で表現される。

R1. IF トルク=PL AND モータ速度=PL

THEN ファジー出力=ZL (ゼロ)

R2. IF トルク=PL AND モータ速度=PS

THEN ファジー出力=ZL (ゼロ)

【0040】図10に示すファジールールR1は、「もし、操舵トルクが正方向に大きく、かつモータ速度が正方向に大きい場合にはファジー出力はゼロ (すなわち、操舵状態は中立) 。」という意味である。

【0041】また、ファジールールR2は、「もし、操舵トルクが正方向に大きく、かつモータ速度が正方向に小さい場合にはファジー出力はゼロ (すなわち、操舵状態は中立) 。」という意味である。以下、他のルールも同様の手法で判断される。

【0042】以上の構成において、本実施例では操舵状態を検出する過程で、図7、図8に示したメンバーシップ関数による評価、すなわちトルク $V_t$ とモータ速度 $\omega_m$ を入力パラメータとしてメンバーシップ関数にどの程度適合するかの評価が行われ、図10に示すファジールールに従ってファジー論理演算が実行される。

【0043】ファジー論理演算過程では、その前件部で上記入力パラメータが与えられ、ファジールールの対応するメンバーシップ関数にどの程度適合するかが求められ、適合度の小さいものが選択されて後件部に与えられ、後件部では選択された適合度より出力のメンバーシップ関数に制限をかけて例えば、台形状のメンバーシップ関数を得る。次いで、上記メンバーシップ関数をMAX合成処理によって重ね合わせて合成出力を生成し、その後、デファジファイによってこの合成出力の重心を確定出力として操舵状態が検出される。

【0044】このように、第2実施例ではステアリングの操舵状態を検出し、例えば、その検出値を戻り判別しきい値と比較し、しきい値を超えたときのみ摩擦補償関数部63の出力を許可するような制御が行われるので、ステアリングの操舵状態に応じた摩擦補償値が算出されることとなり、手放し時には十分な戻り特性を得ながら、切り込み時には十分な手応え感を得るなどの最適な操舵フィーリングを得ることができる。

【0045】さらに、この第2実施例においても、算出した摩擦補償値をさらにフィルタ部35によりローパスフィルタを通過させて摩擦補償部60の出力として決定しているので、ステアリングの操舵状態に応じた動摩擦補償を行う場合に、また操舵状態の検出が完全に行えず、短時間の不要な動摩擦補償が出力される場合などに不要な動摩擦補償値を抑えてスムーズで良好な操舵フィーリングを得ることができる。

【0046】次に、本発明の第3実施例について説明する。第3実施例は粘性補償部を追加して設けた例である。図11は第3実施例におけるパワーステアリング装置の全体を機能的に示すブロック図である。図11の説明に当たり、前述した図1と同一構成部分には同一番号を付して重複説明を省略する。

【0047】図11において、70は粘性補償部（粘性補償手段に相当）であり、粘性補償部70は粘性補償関数部71、車速演算定数関数部72、乗算演算部73および遅延手段74によって構成されている。粘性補償関数部71はモータ速度算出部31からのモータ速度 $\omega_m$ に応じて図12に示すように、その出力を決定し、乗算演算部73に出力する。また、車速演算定数関数部72は車速Vsに応じて図13に示すように、車速演算定数を演算し、乗算演算部73に出力する。乗算演算部73は粘性補償関数部71の出力に対して車速演算定数関数部72によって演算された車速演算定数を乗算して遅延手段74に出力し、遅延手段74は乗算演算部73の出力を一定時間だけ遅延させ粘性補償値指令信号として出力する。このようにして粘性補償部70の出力（すなわち、粘性補償値指令信号）が決定される。摩擦補償部30および粘性補償部70の出力はアシスト指令部20の出力（基準電流指令値）に加算され、電流目標値として電流制御部40に供給される。

【0048】以上の構成において、前述した上記各実施例では残留角を小さくすることはできるが、戻り速度を走行状態等に応じて十分に制御することはできない。このため、戻り速度が速すぎたり遅すぎたりする状況が生じることがあり、運転者が不自然に感じることがある。そこで、この第3実施例では摩擦補償に加えて粘性補償を行うことにより、さらに操舵フィーリングを高めるようにしている。すなわち、摩擦補償部30により操舵系およびタイヤ路面間の摩擦を補償することで、手放し時のハンドル残留角をなくすることができるうえ、粘性補償部70によりハンドル戻り速度が適当になるように制御できるので、さらに良好な操舵フィーリングを得ることができる。

【0049】また、第3実施例では摩擦補償値を車速に応じて変化させ、低車速のときに大きくするので、低車速時に十分な摩擦補償を行い、戻り特性が良好になるとともに、高車速時に十分な摩擦補償が効き過ぎステアリングが不安定になることがなく、また十分な手応え感を得ることができる。さらに、粘性補償値指令信号の出力時期を摩擦補償値指令信号の出力時期に対して一定時間だけ遅延させる遅延手段74を設けているので、ハンドルが戻り始める時点の速度を十分に上げることができる。

【0050】この背景を説明すると、例えば乗員が増えることで摩擦が増加した場合、上記遅延手段74を設けていない摩擦補償方法では摩擦の大きさを十分に補償す

ることができないことがある。したがって、ハンドルは中心まで戻らない。このような状況で、できるだけハンドルを中心まで戻するには、戻り始める時点の速度が大きい方が有利である。しかし、上記のように戻り始める瞬間から粘性補償を行うと、十分に加速できずにますます中心まで戻らなくなる。

【0051】そこで、粘性補償値指令信号の出力時期を摩擦補償値指令信号の出力時期に対して一定時間だけ遅延させる遅延手段74を設けるようにすると、ハンドルが戻り始める時点の速度を十分に上げるようにする。その結果、摩擦が変化してもハンドルの原点復帰性が向上し、なおかつその戻り速度が不自然に速くなりすぎるのを抑えることができる。

【0052】なお、上記実施例ではファジー推論を実際にはマイクロコンピュータを用いたソフトウェアによって実現しているが、例えばファジーチップを用いてハード的に実現してもよい。

【0053】

【発明の効果】本発明によれば、モータの回転方向に基づき、モータの回転方向に応じた摩擦補償値を算出し、この摩擦補償値をアシスト指令に加算して得られた指令信号によってモータの駆動を制御しているので、操舵系およびタイヤ路面間の摩擦を補償することができ、ハンドル手放し舵角が変化した場合でも、低車速時のハンドル戻り特性を十分に改善することができる。また、操舵速度の大きさによってモータ電流（モータの発生するトルク）が直接変化するため、例えば操舵速度をモータ電流およびモータ電圧から推定し、センサを設けない場合などでも、操舵速度の推定誤差が直接に戻り特性の変動に影響することがなく、常に安定した操舵特性を得ることができる。

【0054】さらに、請求項2記載の発明によれば、摩擦補償値をローパスフィルタを通過させて摩擦補償手段の出力として決定しているので、摩擦補償値の急激な変化がなく、違和感のない良好な操舵フィーリングを得ることができる。

【0055】請求項3記載の発明によれば、ステアリングの操舵状態を検出することで、ステアリングの状態に応じた摩擦制御を行うことができ、手放し時には十分な戻り特性を得ながら、切り込み時には十分な手応え感を得るなどの最適な操舵フィーリングを得ることができる。

【0056】請求項4記載の発明によれば、ステアリングの操舵状態に応じた動摩擦補償を行う場合に、また操舵状態の検出が完全に行えず、短時間の不要な動摩擦補償が出力される場合などに不要な動摩擦補償値を抑えてスムーズで良好な操舵フィーリングを得ることができる。

【0057】請求項5記載の発明によれば、摩擦補償手段により操舵系およびタイヤ路面間の摩擦を補償する

11

ことで、手放し時のハンドル残留角をなくすることができるうえ、粘性補償手段によりハンドル戻り速度が適当になるように制御できるので、さらに良好な操舵フィーリングを得ることができる。

【0058】請求項6記載の発明によれば、摩擦補償値を車速に応じて変化させ、低車速のときに大きくするので、低車速時に十分な摩擦補償を行い、戻り特性が良好になるとともに、高車速時に十分な摩擦補償が効き過ぎステアリングが不安定になることがなく、また十分な手応え感を得ることができる。

【0059】請求項7記載の発明によれば、粘性補償値指令信号の出力時期を摩擦補償値指令信号の出力時期に対して一定時間だけ遅延させているので、ハンドルが戻り始める時点の速度を十分に上げることができ、摩擦が変化してもハンドルの原点復帰性が向上し、なおかつその戻る速度が不自然に速くなりすぎるのを抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る電動式パワーステアリング装置の第1実施例の機能的ブロック図である。

【図2】同実施例のパワーステアリング機械系の一例を示す図である。

【図3】同実施例のアシストトルクの特性を示す図である。

【図4】同実施例の摩擦補償関数部の出力特性を示す図である。

【図5】同実施例の車速演算定数の出力特性を示す図である。

【図6】本発明に係る電動式パワーステアリング装置の

12

第2実施例の機能的ブロック図である。

【図7】同実施例のファジー推論で用いられるメンバーシップ関数を示す図である。

【図8】同実施例のファジー推論で用いられるメンバーシップ関数を示す図である。

【図9】同実施例のファジー推論で用いられるメンバーシップ関数を示す図である。

【図10】同実施例のファジー推論で用いられるファジールールを示す図である。

10 【図11】本発明に係る電動式パワーステアリング装置の第3実施例の機能的ブロック図である。

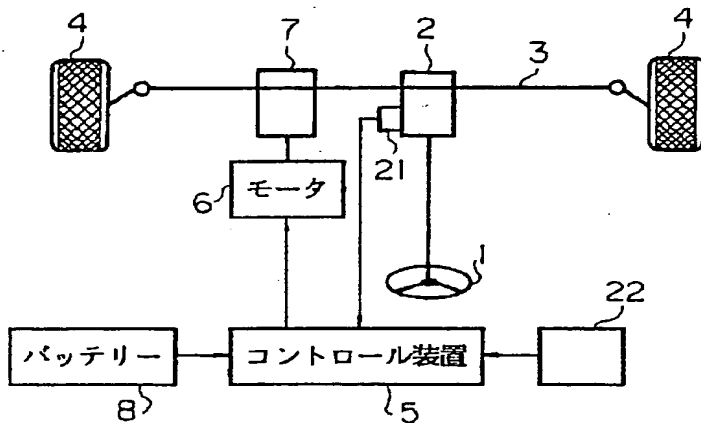
【図12】同実施例の粘性補償関数部の出力特性を示す図である。

【図13】同実施例の車速演算定数の出力特性を示す図である。

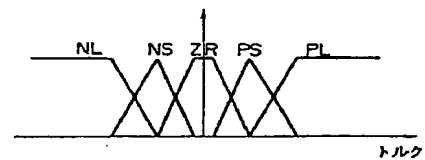
【符号の説明】

- 1 操舵ハンドル
- 6 アシストモータ（操舵補助モータ）
- 20 電流制御部
- 21 操舵トルクセンサ（操舵トルク検出手段）
- 22 車速センサ（車速検出手段）
- 30、60 摩擦補償部（摩擦補償手段）
- 31 モータ速度算出部
- 35 フィルタ部
- 40 電流制御部
- 50 制御手段
- 62 操舵状態検出手段
- 70 粘性補償部（粘性補償手段）

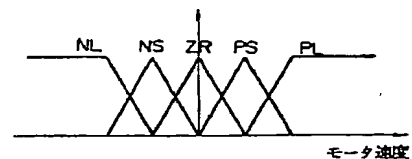
【図2】



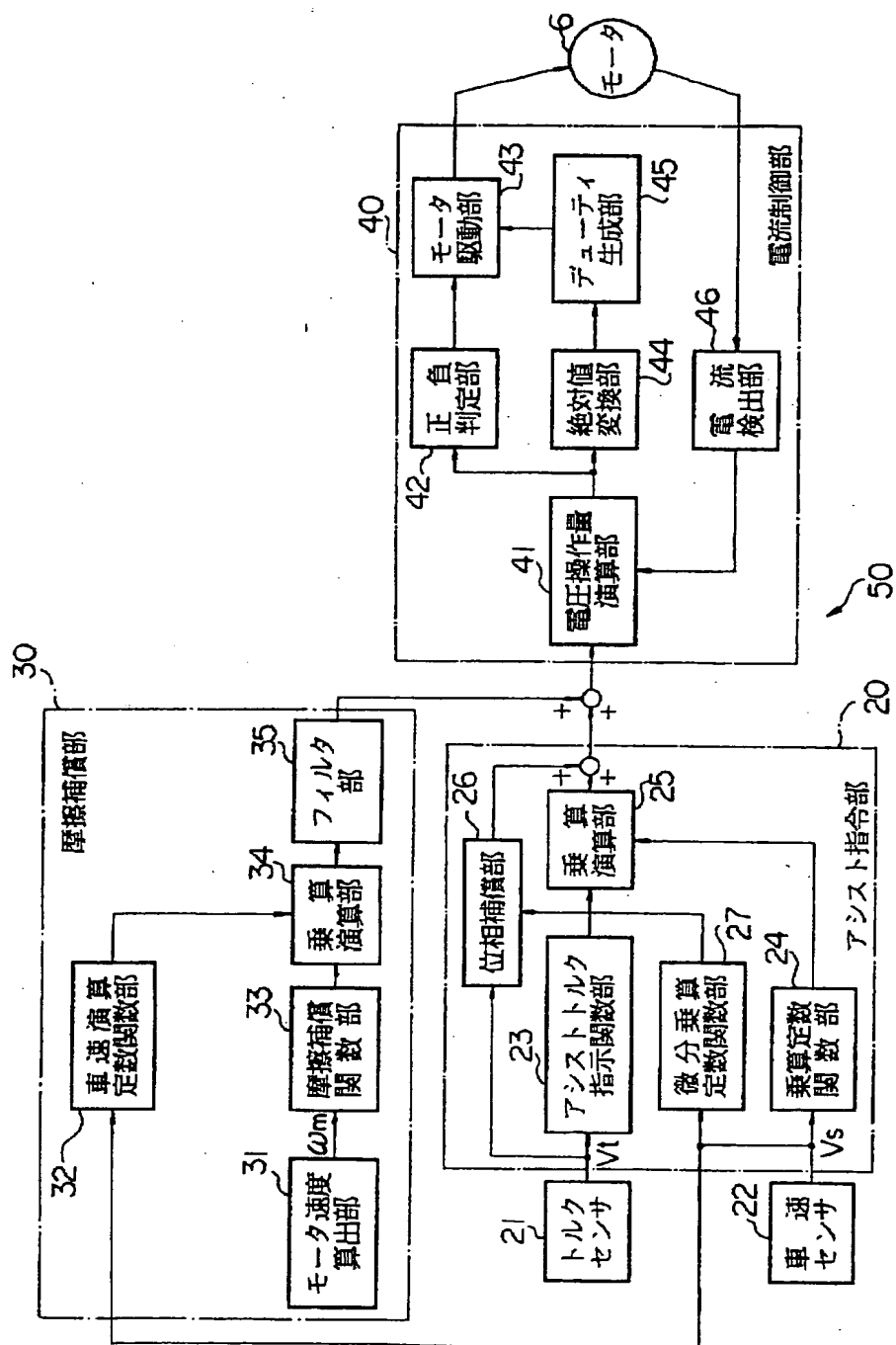
【図7】



【図8】

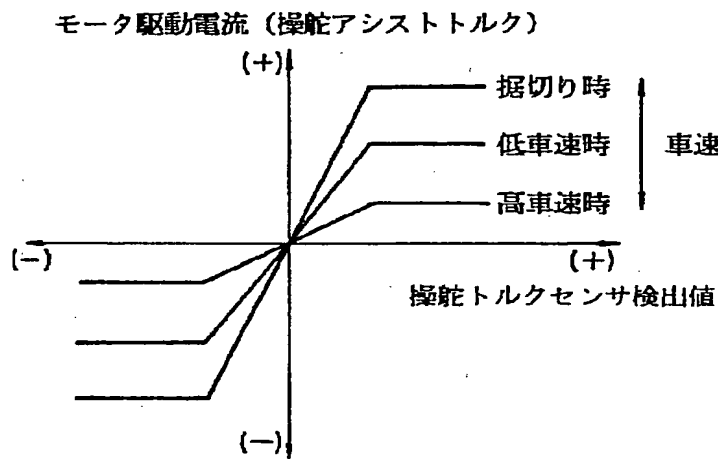


【図1】

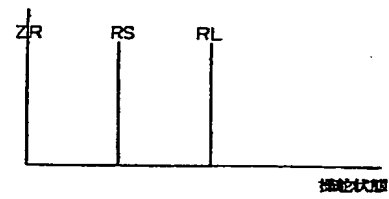




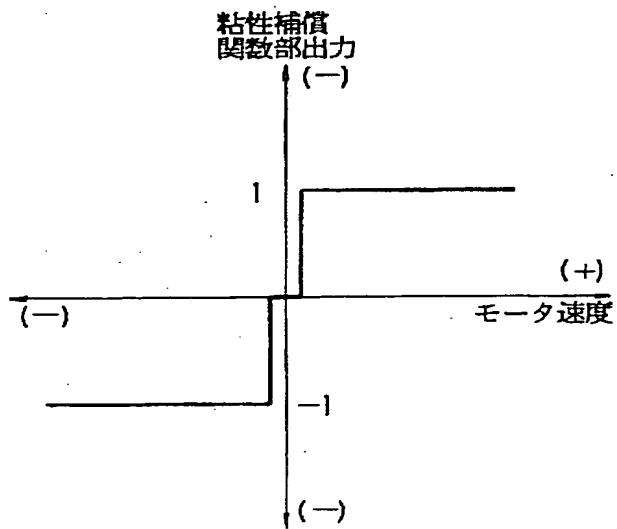
【図3】



【図9】



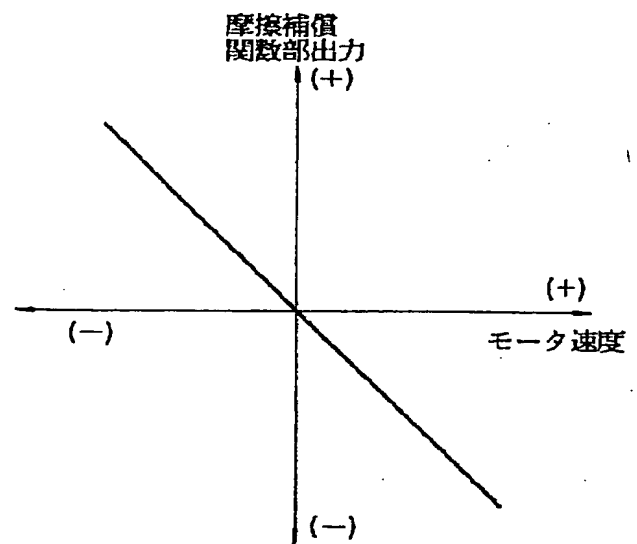
【図4】



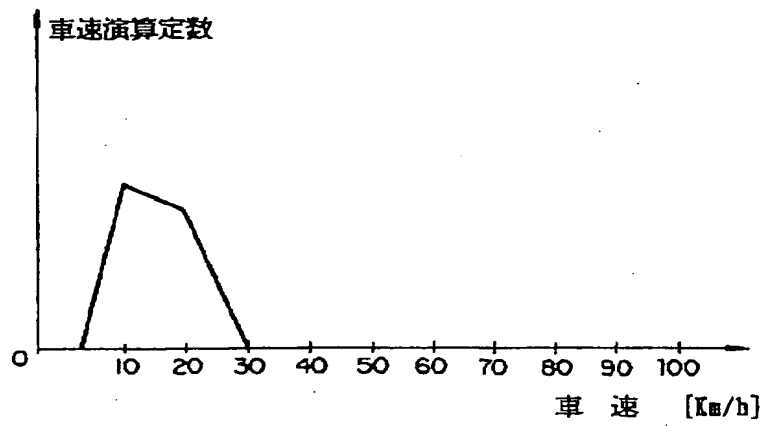
【図10】

	PL	PS	ZR	NS	NL
PL	ZR	ZR	ZR	RL	RL
PS	ZR	ZR	ZR	RS	RL
ZR	RS	RS	ZR	RS	RS
NS	RL	RS	ZR	ZR	ZR
NL	RL	RL	ZR	ZR	ZR

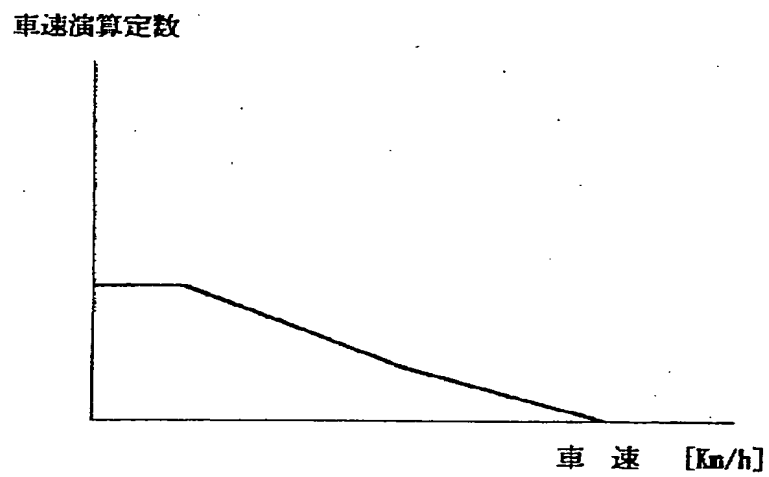
【図12】



【図5】



【図13】





【図11】

